

## Zum Einsatz neuer Thermometerhütten

S. Schienbein

### Zusammenfassung:

Die Verkleinerung der modernen Temperatursensoren ermöglicht die Volumenreduzierung der bisher angewandten Stevenson-Wetterhütten. Insbesondere bei automatischen Stationen finden wir wesentlich kleinere Strahlungsschutzeinrichtungen. Langjährige Beobachtungsreihen sind nicht mehr vergleichbar und müssen angepaßt werden. Es werden Einzelwertabweichungen für Temperaturen von mehr als 1 K genannt. Zur Lösung dieses Problems sind Vergleichsuntersuchungen und Anpassungsrechnungen erforderlich.

### Summary:

The minimisation of modern temperature sensors allows to reduce the volume of the up to now used Stevenson screens. Especially for automatic stations we found essential smaller radiation-shields. Temperature observations of many years are incomperable and had to be adapted. Errors of more as 1 K for single temperatures are mentioned. For the solution of this problem comparisons and adaptations are necessary.

### 1. Allgemeines

Seit mehr als 100 Jahren werden an meteorologischen Beobachtungsstationen sogenannte "englische" Wetterhütten nach Stevenson verwendet, die für den Strahlungsschutz der darin aufgestellten Geräte sorgen. Besonders für die Lufttemperaturmessung ist der Einfluß der Strahlung möglichst weitgehend auszuschalten. Diese Wetterhütten haben inzwischen genormte Abmessungen und Baumaterialien. Ein doppeltes Dach, jalousieartige Seitenverkleidungen und ein perforierter Boden sollen für den Strahlungsschutz und eine angemessene Durchlüftung des Meßraumes sorgen. Wie bereits GRUNDMANN (1935) und eine Reihe weiterer Autoren beschrieben haben, können in diesen Hütten am Tage +1,5 K und in der Nacht -0,5 K als strahlungsbedingte Meßfehler auftreten. Da diese Fehler nahezu an allen Hütten gleichermaßen auftreten, kann und muß man in der Meßtechnik der Lufttemperatur damit leben.

Seit geraumer Zeit und im letzten Jahrzehnt insbesondere sind automatische Wetterstationen in Betrieb genommen worden, die durch die Verwendung von elektrischen Sensoren gegenüber der Verwendung von Glasflüssigkeitsthermometern viel weniger Platz beanspruchen. Der Bau von Strahlungsschutzeinrichtungen in Form der bekannten Wetterhütte ist in diesem Zusammenhang zu aufwendig und sehr materialintensiv. Deshalb liefern die Hersteller von Sensoren den Strahlungsschutz als eine durchdachte Einhausung meist mit jalousieartigen Ringen gleich mit dem Sensor mit. Überprüft man die Angebote genauer, so unterscheiden sich die verwendeten Strahlungsschutzeinrichtungen von Hersteller zu Hersteller im Material und in der Bearbeitung doch erheblich. Diese Unterschiede erschweren die Arbeit des exakt arbeitenden Meteorologen. Zudem kommt es noch zum Bruch in langjährigen Beobachtungsreihen (PARKER (1994)).

### 2. Zu einigen bisherigen Vergleichsbeobachtungen

QUAYLE (1991) stellt nach einem Vergleich der Beobachtungsdaten von 424 der insgesamt über 3300 Beobachtungsstationen des US-Wetterdienstes fest, daß die mittlere tägliche Minimumtemperatur um 0,3 K angestiegen und die mittlere tägliche Maximumtemperatur um 0,4 K

abgesunken ist. Die Mitteltemperatur ist um 0,1 K geringer. Die tägliche Temperaturschwankung hat sich um 0,7 K vermindert. Diese Werte sind für Aussagen zu Klimaänderungen bereits relevant und sollten deshalb beachtet werden, da in der Zwischenzeit die ehemaligen Glasflüssigkeitsthermometer mit den Thermistorthermometern ausgetauscht und die Wetterhütten aus Holz durch kleinere Plastikhütten ersetzt worden sind.

Das Problem liegt nicht unbedingt in der Anwendung der neuen Hütten, sondern in ihrer Uneinheitlichkeit. Welche Unterschiede in der Temperaturlaufzeichnung dabei auftreten können, hat GEBHART (1964) in seinen Untersuchungen an Strahlungsschutzhütten aufgezeigt. So konnten an einem wolkenlosen, windstillen Tag gegenüber dem ventilierten Thermometer Differenzen von 1 bis 4 K festgestellt werden. Abgesehen davon, daß manche Konstruktionen, die bei diesem Versuch verwendet wurden, heute niemand bauen würde, ist die Fehlergröße doch beachtlich. Die von GEBHART (1964) gefundene beste Hütte hat kegelförmige Aluminiumblechringe, die an der Unterseite geschwärzt wurden. Gegen Niederschlag ist diese Hütte mit einem Abdeckkegel versehen. Der Temperaturfühler befindet sich innerhalb der konzentrischen Strahlungsschutzringe. Die Luft kann durch die Lamellen und um den Sensor im Mittelteil vertikal zirkulieren. Diese Form der Strahlungsschutzhütten hat sich im wesentlichen bis heute erhalten, wie bereits erwähnt, mit vielen Varianten der Material- und Oberflächenbeschaffenheit.

MATEJKA (1990) führte ebenfalls Vergleichsmessungen zur Bestimmung der Lufttemperatur mit einem unventilierten Quecksilberthermometer ( $t_s$ ) in einer bisher üblichen Wetterhütte und einem Widerstandsthermometer in einem einwandigen Strahlungsschutz, doppelwandigen Strahlungsschutz und doppelwandigem Strahlungsschutz mit Ventilation von 2 m/s ( $t_r$ ) durch. Die Meßergebnisse mit dem Widerstandsthermometer mit Ventilation und doppeltem Strahlungsschutz ergaben die geringsten Abweichungen zu den Ergebnissen des Åbmann-Psychrometers ( $t_p$ ).

Aus 437 Vergleichsmessungen zu verschiedenen Tageszeiten über einen längeren Zeitraum hinweg wurden von MATEJKA (1990) Regressionen berechnet, wobei folgende Standardabweichungen gefunden worden sind:

$t_p - t_s$	0,52 K
$t_r - t_p$	0,53 K
$t_r - t_s$	0,69 K

Leider wurden keine näheren Angaben über die Strahlungsströme während der Vergleiche gemacht, es sieht so aus, als wären diese Ergebnisse bevorzugt an Strahlungstagen ermittelt worden. Interessant ist noch die gegebene Empfehlung, möglichst einen doppelwandigen Strahlungsschutz zu verwenden und das Widerstandsthermometer mit 2 m/s künstlich zu ventilieren.

In den Berichten des Deutschen Wetterdienstes wurden von BAUER und BUSCHNER (1955) Untersuchungen zum Vergleich unterschiedlicher Wetterhütten beschrieben. Hier wurden in allen Fällen Quecksilberthermometer mit 1/5°C-Teilung eingesetzt. Ein Thermometer befand sich in einer "Schattenhülle", die schräg aufgehängt wurde, um eine Ventilation durch Schlotzug bei Erwärmung durch Bestrahlung zu erzeugen. Alle abgelesenen Temperaturen wurden mit den Ablesungen eines Åbmann-Psychrometers als Normal verglichen. Die zum Vergleich herangezogenen 333 Einzelbeobachtungen lagen in dem Zeitraum vom 1.9.1953 bis 22.12.1953. Obwohl bei den durchgeführten Häufigkeitsverteilungen Unterscheidungen in dem Bedeckungsgrad und von Tages- und Nachtbeobachtungen vorgenommen wurden, fehlen in dieser Untersuchung die Sommerwerte mit den höchsten Sonnenständen. Die geringsten Abweichungen zum Åbmann-Psychrometer ergeben sich bei dem schräg in einer Röhre aufgehängten Thermometer.

### 3. Eigene Testmessungen

Im vergangenen Sommer wurden auf der Beobachtungswiese des Instituts für Meteorologie in Leipzig (im Stadtzentrum gelegen) eigene Vergleiche durchgeführt. Diese sollten einen ersten Einblick in die Differenzen der Temperaturanzeigen in einer Stevenson-Hütte und den Hütten einer automatischen Station geben. In der Abb. 1 ist die Aufstellung der Wetterhütte und der kleinen Hütten der automatischen Station in 0,5 und 2 m Höhe zu erkennen.

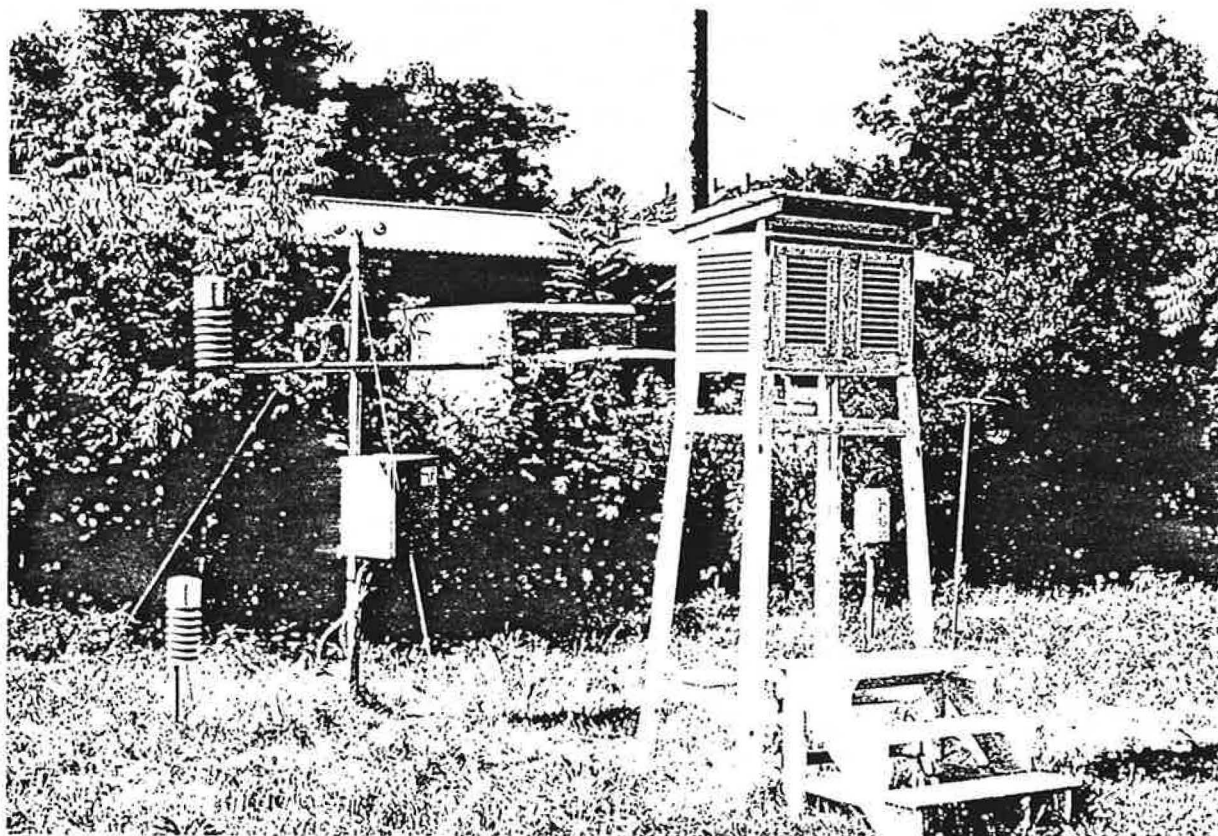


Abb. 1

Bei den Vergleichen wurde die Temperatur in der Wetterhütte mit einem unventilierten Hüttenthermometer und einem Åbmann-Psychrometer bestimmt. Gleichzeitig wurden die angezeigten Meßwerte der automatischen Station in dem entsprechenden Erfassungszyklus abgelesen. Die Testvergleiche erfolgten an zwei sehr heißen Tagen bei Wolkenlosigkeit und sehr schwachem Wind. Am Schluß der Tabelle 1 sind noch einige Vergleiche bei bewölktem Himmel angegeben.

Aus den angeführten Vergleichen läßt sich unschwer erkennen, daß die Temperaturanzeigen in der Wetterhütte wie bekannt höhere Werte anzeigen, als das ventilierte Åbmann-Psychrometer, jedoch sind die Meßwerte der kleinen Hütte der automatischen Station in vielen Fällen erheblich höher als die Werte in der Stevenson-Hütte. Für den Vergleich mit langjährigen Reihen ist dieser Umstand bei Klimabetrachtungen unbedingt zu beachten.

Tabelle 1

Datum	Zeit MESZ	Hüttenther- mometer	Aßmann- thermometer	Temperatur- anzeige Autom. St.	Bemer- kungen
04.07.1994	12:27	33,9	33,1	33,9	heiter
	13:44	34,1	33,7	34,9	wolo
	14:35	35,0	34,3	35,4	wolo
	14:53	35,1	34,6	35,8	wolo
01.08.1994	10:42	29,3	29,3	30,7	wolo
	11:31	30,5	30,5	32,0	wolo
	12:55	33,1	32,4	33,9	wolo
	14:00	34,5	34,2	34,9	wolo
	14:38	34,9	34,4	35,4	wolo
02.08.1994	10:01	22,8	22,8	23,5	10/10 As trans
	15:53	26,4	26,0	27,2	10/10 Sc
08.08.1994	08:08	18,3	18,4	18,0	10/10 St

Über einen kurzen Zeitraum wurden auch die zum Frühtermin durchgeführten Ablesungen am Hüttenthermometer mit den Anzeigen der Temperaturen der automatischen Station verglichen (s. Tab. 2). Aus den 38 Vergleichen im Juli und August ergab sich eine mittlere Abweichung von 0,6 K.

Tabelle 2

Datum	Wetterh. 7 Uhr MOZ	Aut. Sta. 7 Uhr MOZ	Differ.	Datum	Wetterh. 7 Uhr MOZ	Aut. Sta. 7 Uhr MOZ	Differ.
Juli				August			
1	18,7	19,8	1,1	1	23,8	25,1	1,3
4	24,4	25,5	1,1	2	20,6	20,5	-0,1
5	19,0	19,4	0,4	3	20,7	21,3	0,6
6	17,6	17,6	0,0	4	21,6	22,0	0,4
7	16,0	15,6	-0,4	5	22,6	23,9	1,3
8	13,6	14,6	1,0	8	18,0	18,0	0,0
11	19,9	21,6	1,7	9	18,2	18,3	0,1
12	21,0	22,0	1,0	10	19,6	20,1	0,5
13	22,2	22,8	0,6	11	18,8	18,0	-0,8
14	22,3	23,2	0,9	12	16,4	16,3	-0,1
15	20,7	21,3	0,6	15	12,2	13,2	1,0
25	22,0	22,4	0,4	16	11,2	11,9	0,7
26	21,4	20,9	-0,5	17	14,2	14,6	0,4
27	21,4	22,0	0,6	18	13,8	14,2	0,4
28	23,9	24,3	0,4	19	13,3	13,2	-0,1
29	22,4	22,4	0,0	22	15,8	16,6	0,8
				24	17,5	17,3	-0,2
				25	15,3	15,2	-0,1
				26	12,6	13,2	0,6
				29	13,5	14,2	0,7
				30	12,6	13,9	1,3
				31	13,0	13,6	0,6

In Abb. 2 werden die Daten der Tabelle 2 graphisch dargestellt. Die lineare Regression lautet:

$$\text{Temperatur (aut. Station)} = 0,314 + 1,0090 \times \text{Temperatur (Wetterhütte)}$$

Wenn man davon ausgeht, daß die Ablesefehler sich aufheben und Kalibrierungsfehler nicht vorhanden sind, trat eine systematische Abweichung der Temperaturwerte der verglichenen Hütten mit mehr als 0,3 K auf. Der weitere Anstieg mit der Temperatur läßt darauf schließen, daß die Strahlung bei diesen Frühterminen bereits wirksam war.

Es ist nicht zu erwarten, daß die neueren Hütten mit der wesentlich geringeren Masse und den trägheitsärmeren Thermometern den bisherigen Stevenson-Hütten angepaßt werden können. Für den Anschluß von langjährigen Klimameßreihen sind spezielle Untersuchungen unumgänglich.

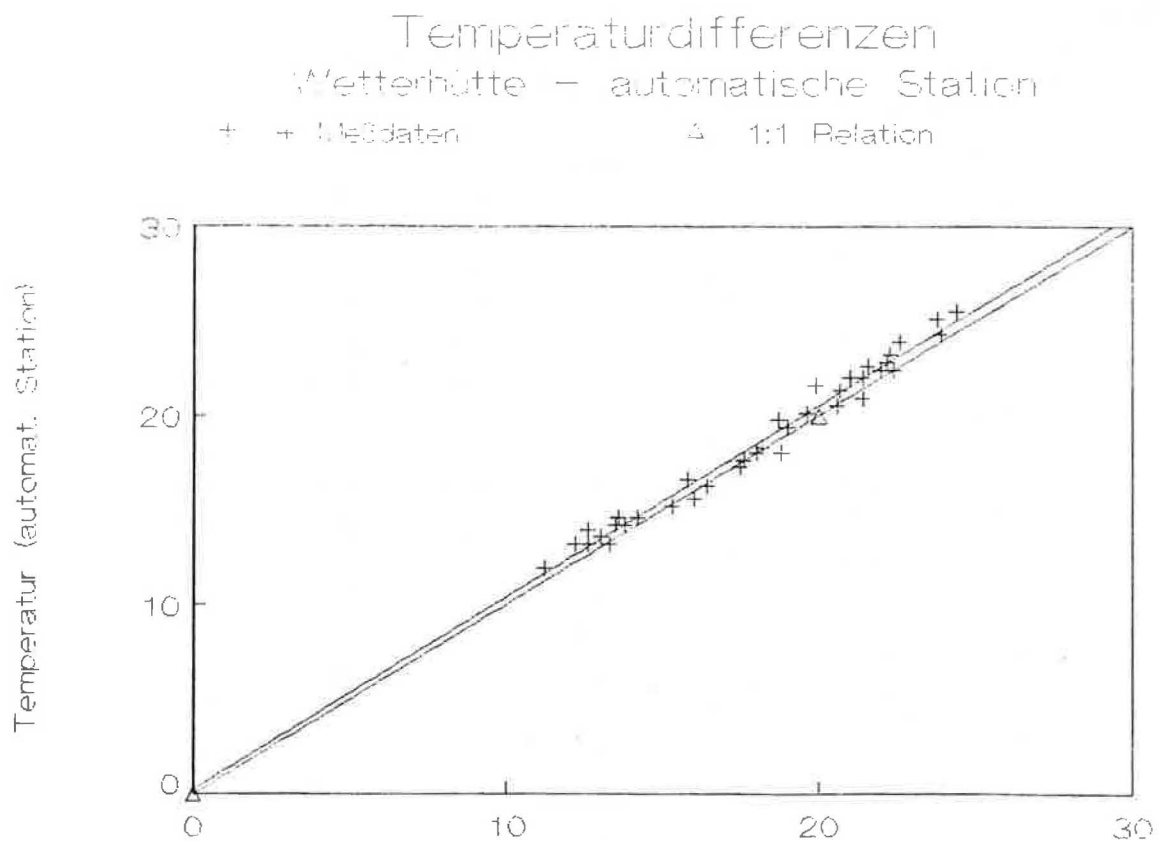


Abb. 2 Temperatur (Wetterhütte)

#### 4. Notwendigkeit neuer Vergleichsuntersuchungen

Es ist festzustellen, daß der Übergang von den aus Holz gefertigten Hütten zu den Hütten der automatischen Wetterstationen nicht so reibungslos möglich ist, wie bisher angenommen wurde. Sowohl die Ermittlungen von QUAYLE (1991) als auch die eigenen Testmessungen haben ergeben, daß für Klimareihenbetrachtungen relevante Unterschiede in der Temperatureaufzeichnung bestehen. Der Betrag und das Vorzeichen der Abweichung ist bis jetzt noch nicht eindeutig geklärt.

Alle bisher betrachteten Vergleichsuntersuchungen gestatten aber auch nicht, für Jahresmittelwerte, Monatsmittelwerte, Tagesextreme und Tagesmittelwerte definierte Korrekturwerte anzubringen. Die Ursachen für die Abweichungen sind sehr vielfältig. In die Temperaturanzeigen in den verschiedenen Hütten gehen jeweils Strahlungswerte, Reflexionseigenschaften der verwendeten Materialien, Ventilationswerte durch die Luftströmung, Speicherungswärmen der Materialien und weitere Witterungselemente wie Niederschlag und Nebel ein.

Die bisherigen Vergleichsversuche dienen zur Orientierung und zur Abschätzung der Größenordnung der Strahlungsfehler in Wetterhütten, die letztendlich nicht zu vermeiden sind. Für einen Übergang zur Beobachtung in nunmehr kleineren Wetterhütten sind umfangreiche Vergleichsuntersuchungen erforderlich.

Die Vergleichsuntersuchungen müssen folgende Aufgabenteile umfassen:

1. Temperaturmessungen in den verschiedenen Hütten mit unterschiedlichen Temperatursensoren mindestens über ein ganzes Jahr unter Einbeziehung der Wind- und Strahlungsmessungen
2. Vergleichsmessungen im Windkanal unter Strahlungseinfluß
3. Modellierung der gewonnen Ergebnisse unter Bezugnahme auf die Vergleichsmessungen über ein Jahr
4. Verallgemeinerung der Ergebnisse auf unterschiedliche Klimagebiete unter Nutzung bekannter Werte der Bestrahlung und Strömungsbedingungen

Dabei sind die Unterschiede der bisher eingesetzten Wetterhütten für automatische Stationen nicht zu übersehen. Deshalb müßten in diese Untersuchungen Hütten verschiedener Hersteller einbezogen werden.

#### Literatur:

Bauer, W.; Buschner, R.: Beitrag zur Messung der Lufttemperatur mit verschiedenen Formen des Strahlungsschutzes, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 19, 12 S., 1955.

Chenoweth, M.: A possible discontinuity in the U.S. historical temperature record, Journal of Climate, Boston, MA, 5(10), 1172-1179, October 1992.

Gebhart, R.: Untersuchungen an Strahlungsschutzhütten, Wiss. Mitt. Nr. 9 des Met. Inst. München, 55-62, 1964.



Grundmann, W. : Temperaturmeßgeräte in: Kleinschmidt, Handbuch der meteorologischen Instrumente und ihrer Auswertung, Berlin, Springer Verlag, 1935.

Grundmann, W. : Meteorologische Meßgeräte am Erdboden. in: Linkes Meteorologisches Taschenbuch, Neue Ausgabe, III. Band. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G, 1957.

Matejka, F.: The effect of external factors upon the accuracy of air temperature measurement. In: Contributions of the Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences: Ser. of meteorology, 10, 52-61, 1990.

Parker, D.E.: Effects of changing exposure of thermometers at landstations, International Journal of Climatology, Vol. 14, 1-31, 1994.

Quayle, R.G.; u. a.: Effects of recent thermometer changes in the Cooperative Station Network, Bulletin of the American Meteorological Society, Boston, MA, 72(11), 1718-1723, Nov. 1991.

Adresse des Autors:

Dr. Sigurd Schienbein, Institut für Meteorologie, Universität Leipzig, D-04103 Leipzig, Stephanstraße 3.